

1976—2012

■ 华北油田勘探的 思考与管理

——纪念华北油田勘探开发建设三十六周年

于英太 著

石油工业出版社

华北油田勘探的思考与管理

——纪念华北油田勘探开发建设三十六周年

于英太 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本文集选录了作者关于华北油田的勘探论述,主要包括地质研究和勘探管理两部分。在石油地质研究上,阐述了3500m以下的深层石油勘探、隐蔽油气藏的勘探,中新元古界及以下地层原生油气藏的勘探,以及二连盆地呈北东—北北东向展布的凹陷群的勘探前景等。在勘探管理上,提倡精细管理和研究,发扬创业和创新精神,坚持“多发现、可动用、较整装、低成本”地获取石油储量的原则等。

本书可供石油勘探工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

华北油田勘探的思考与管理:纪念华北油田勘探开发建设三十六周年/于英太著. —北京:石油工业出版社, 2013. 8

ISBN 978 - 7 - 5021 - 9662 - 2

I. 华…

II. 于…

III. 油气勘探 - 文集

IV. P618. 130. 8 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 149882 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523524 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:保定彩虹印刷有限公司

2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:12.75

字数:346千字

定价:56.00元

(如发现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

2012 年，迎来了华北油田勘探开发建设三十六周年。

1975 年，华北油田古潜山喷出高产油流，揭开了冀中石油会战的序幕。随着潜山油田勘探的深化，又打开了古近系、新近系勘探领域，并挺进二连盆地。在多姿多彩的石油勘探舞台上，华北石油人演出了一幕幕生动的舞剧，推动了油田的不断前进。

1974 年，我随钻井队来到华北平原，有幸经历了华北油田几十年来的发展过程。作为油田队伍中的一员，我长期在冀中平原和二连盆地奔波，也在塔里木盆地东北部进行过短暂的勘探工作。在从事技术工作和管理工作中，认真思考和研究了一些技术问题，从油田实际出发，对勘探管理也提出了一些想法。

本书分两部分，第一部分主要是地质研究内容。比如，从回顾一个地区勘探历程获得的启示，对某一地区或某一勘探领域的研究，提出勘探的方向和对策等。这些研究成果大多完成于 20 世纪 80 年代中后期到 90 年代中期。本部分最后选录了两篇有关储层研究的译文。第二部分主要是勘探管理，包括勘探思想方法、勘探应有的精神和理念等，主要是 20 世纪 90 年代后期到 21 世纪初的有关论述。

书中的多数文章在刊物上发表过，作为从事石油勘探和管理不同时期的成果，倾注了自己的汗水和心血，渗透到了勘探工作之中。在这次结集出版时，尽量删去了部分文章间重复性的叙述和插图，统一了常用法定计量单位。书中的内容有的可作为资料保存，有的还有待实践的检验。不论何种情况，这都是一个执著的找油人，献给华北油田勘探开发建设的一份礼物。如果对石油勘探能够有些参考作用，这就是我最大的心愿。

借此机会，对本书出版给予帮助的华北油田勘探开发研究院卢学军等同志，古潜山编辑部和以及华北石油报社的同志们表示诚挚的谢意。

于英太
2012 年 10 月

目 录

第一部分 地质研究

廊固凹陷石油勘探成效及勘探历程回顾与分析 ——兼议复杂断陷盆地勘探中的几个问题	(3)
廊固凹陷深层石油勘探初步探讨	(11)
廊固凹陷油藏类型及油气分布特征	(20)
二连盆地石油勘探回顾与展望	(29)
对二连盆地几个石油地质问题的初步认识	(43)
二连盆地演化特征及油气分布	(49)
二连盆地潜山油气藏形成条件初析	(57)
二连盆地火山岩油藏勘探前景	(65)
冀北地区中新元古界石油地质特征及原生油气勘探前景	(74)
华北地区古生界及中新元古界原生油气勘探前景	(87)
从华北油田的实践看隐蔽油气藏勘探前景	(110)
塔里木盆地塔东北地区的勘探前景	(122)
荧光录井方法及在油气水层判断中的作用	(126)
次生孔隙在判定砂岩成分方面的意义	(130)
长石砂岩和岩屑砂岩成岩作用研究	(136)

第二部分 勘探管理

唯物辩证法对石油勘探的指导作用	(147)
加强石油勘探管理 推动二连盆地勘探工作的发展	(150)
加强石油勘探管理	(153)
华北油田的勘探对策	(154)
发扬创业精神 坚持创新发展	(160)
多找可供开发的油气储量	(162)
勘探精神和理念	(166)
新体制下的勘探开发工作	(171)
努力实现勘探良性循环	(175)
精细勘探项目管理	(180)
不断推进油田勘探开发技术进步	(182)
深化二连油田的勘探开发 实现发展的战略接替	(185)
努力实现二连油田可持续发展	(187)
华北油田的新区勘探	(191)
深化潜山勘探	(193)

第一部分 地质研究

廊固凹陷石油勘探成效及 勘探历程回顾与分析^①

——兼议复杂断陷盆地勘探中的几个问题

廊固凹陷地球物理勘探工作始于1955年,第一口石油探井开钻于1962年,是冀中坳陷投入钻探较早,也是最先获得工业性油气流的地区。特别是近十年来,陆续发现了一批中、小型油气田,已证实与我国东部众多的断陷盆地一样,是一个具有多含油层系、多油藏类型的复式油气聚集区,有着良好的勘探前景。

但是,也应当看到,该凹陷地质条件比较复杂,三十余年的勘探道路是比较曲折的。本文试图通过对该凹陷石油勘探成效和勘探历程的简要分析和回顾,进一步探讨复杂断陷盆地勘探中的几个问题。

一、地质概况及勘探成效

廊固凹陷是在古生界和新元古界基底上发育起来的新生代断陷盆地。新近系基岩地层自东向西由新变老,依次为石炭—二叠系、奥陶系、寒武系和新元古界。古近系不整合于不同时代地层之上,沉积厚度累加近万米。

凹陷内发育五个二级构造带,即凤河营—侯尚村断裂潜山构造带、旧州—固安构造带、柳泉—曹家务挤压背斜构造带、河西务断裂潜山构造带和牛北斜坡带。主要断裂系统有北东向和近东西向两组,前者大都延伸较长,断距较大,后者则延伸较短,与北东向断裂交切,使构造复杂化。

古近系成熟生油门限深度约2800m,主要生油层系为沙四段—孔店组和沙三下—沙三中亚段。有机碳含量分别为0.70%和1.19%,总烃含量351mg/kg和451mg/kg,干酪根属腐殖型和混和型。

统计到1986年底,钻探的圈闭多为构造或断块类,少量为岩性类,圈闭钻探成功率约40%。完钻探井、详探井深度主要为2000~3500m,深度大于3500m的井,只占总井数的7.6%。完钻层位以沙三段、沙四段为主,在潜山奥陶系或更老地层完钻井只占总井数的13.6%。探井成功率25.1%、详探井成功率36.4%,每口探井(包括详探井)控制石油地质储量 14.54×10^4 t,每米进尺控制石油地质储量54.3t。河西务和柳泉构造带探井成功率较高,分别为37.2%和35%,河西务构造带详探井成功率略高于探井。

已获工业油气流的层系有奥陶系、沙四段、沙三段、沙一段、石炭—二叠系、孔店组和明化镇组。前四套层系计算探明储量分别占总储量的11%、39.9%、39.3%和9.8%。显然,在古近系发现的储量远高于潜山的储量,沙三段、沙四段又是目前主要含油层系。如果

① 1987年6月,在张家口市召开的河北等三省市石油学会学术会议宣读文章,有删节。

按构造带统计，河西务和柳泉构造带的储量较为集中，分别占总储量的 57.4% 和 33.9%。发现的油藏面积一般较小，储量丰度多为 $35 \sim 60 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ ，河西务构造带南部的别古庄地区储量丰度较高，为 $84 \sim 285 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ 。

从廊固凹陷历年来储量增长与地震和钻井工作量关系图中可以看出，储量增长呈现出明显的起伏变化，1978 年、1980 年和 1982—1983 年出现三个小的高峰。这种变化与投入的地震和钻井工作量有一定关系，但又不是完全呈正比例的。1978 年工作量大，获得储量多。1979 年钻井工作量并不少，所获储量并不多，原因在于当年投入较多钻机围歼永清油田（京 30 井）落空所致。当钻机甩开后，1980 年储量又有所增长。钻井工作量不大的 1983 年，储量增长的重要原因是对前些年未计算储量的小块出油井区，经过一些补充工作后纳入本年度储量中（图 1）。

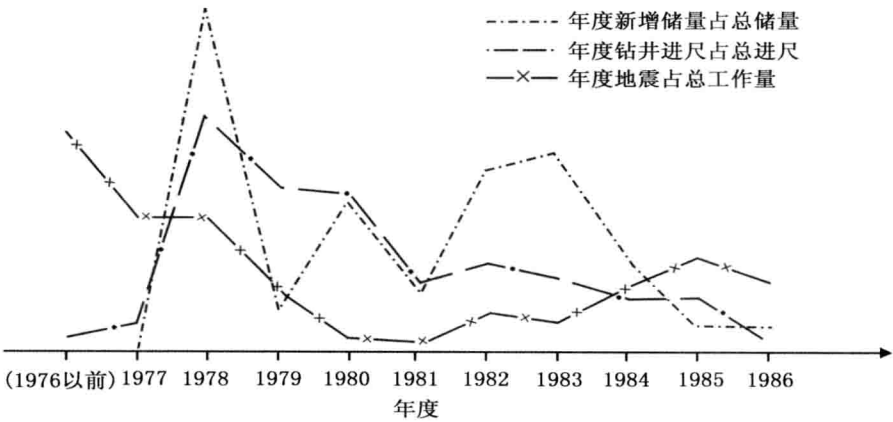


图 1 廊固凹陷新增石油地质储量与钻井地震工作量关系图
(1962—1986 年)

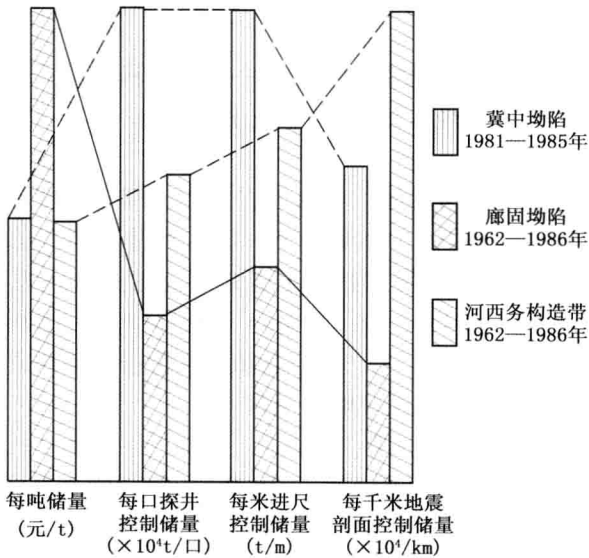


图 2 勘探成效对比图

廊固凹陷勘探成效与冀中坳陷（1981—1985 年）的初步对比表明，前者每吨储量勘探投资几乎是后者的一倍，达 8.86 元/t，但每口探井、每米进尺和每公里地震剖面控制储量也都低于冀中坳陷，仅占其 35%、43.2% 和 38.6%。凹陷内河西务构造带勘探成效稍好，各项指标与冀中坳陷的更接近一些。总的看来，廊固凹陷的勘探成效是比较低的（图 2）。

二、勘探历程回顾与初步认识

据勘探程度和勘探部署、钻探工作量等，可以把廊固凹陷勘探历程粗略地划分为三个阶段九个时期。

（一）第一阶段：1955—1975 年区域侦查阶段

这一阶段主要开展了地球物理勘探，并选择性地打了一批参数井和探井，较快地取得了战略突破。

1. 1956—1961 年重磁电普查

经过初步的重磁电等地球物理勘探工作，把廊固凹陷划归博野盆地或称冀中坳陷，认为其形成始于燕山运动，古近系是最好的含油岩系，沉积厚，有构造显示，具有良好的找油条件。1961 年地质部在河西务一带进行了地震详查。

2. 1962—1968 年战略突破

1962 年，地质部在河西务构造带北部钻武 1 井，完钻层位是新近系明化镇组。1963 年在凤河营构造上钻凤 1 井，于沙河街组见良好油气显示，这是冀中最早见油气显示的井。在重磁电测量基础上，石油工业部开始了地震普查和详查，1964 年，在廊坊及以西钻探河参 4、河参 5 参数井，在凤河营构造部署了专探古生界石灰岩的河 1 井等。地质部也在该构造上钻探京参 1 井。1965 年以后，据地震资料，在武清和廊坊两个凹陷间的河西务构造带，沿其长轴方向部署了务 1 井、务 3 井、务 5 井（后改为京 1 井）。上述井的钻探取得了重要成果，一是明确了凹陷沙三段、沙四段具良好的生油条件；二是突破了凤河营、河西务两个构造带的新近系、古近系两套层系出油出气；三是在凤河营奥陶系见到含油显示。1965 年 3 月，京参 1 井沙三段获工业油流；1966 年 3 月，河 1 井明化镇组获工业气流；同年 9 月，京 1 井沙一段自喷油气。这是冀中坳陷第一批油气井。在此基础上，又部署了一批探井，但由于地下情况复杂，局部构造和中深层地震资料不清，油气藏规模较小（像河 1 井周围打了一批追踪该井气层的井均失利），勘探效果不理想，为减少盲目性，暂停了该凹陷的钻探。

3. 1968—1975 年加强地震勘探

1971 年以后，地震工作开始搞多次覆盖剖面，1974 年物探局又集中了十几个数字地震队进行施工，使中深层反射资料得以改善。1975 年上半年，对地震资料整理会战之后，做出了 T_2 、 T_3 、 T_6 和 T_8 层连片构造图，为钻探奠定了基础。该时期钻井较少，仅 1973 年后在凤河营和旧州—固安地区完成少数探井。凤河营构造上的桐 2 井沙三段获工业油流，旧州—固安构造带的固 2 井、州 3 井，在沙三段也见到了油斑砂岩，固 2 井获低产油流。

（二）第二阶段：1976—1981 年 5 月整体钻探阶段

1975 年任丘潜山油田发现之后，冀中地区开展了全面石油会战。1976 年，廊固凹陷也随之进入大规模钻探，初步形成现今油田的格局。

1. 1976—1977 年主攻潜山

在冀中坳陷中部潜山勘探频频告捷的形势下，考虑到凤河营构造奥陶系曾见到含油显示，因此，1976 年，以潜山为目的层，在凤河营—侯尚村、河西务构造带及大兴断层下降盘先后开钻 16 口井。钻探证实：（1）河西务构造带南部存在潜山，但未见好的显示（京 6 井、京 7 井）。（2）大兴断层下降盘深度 3000m 左右的地震强反射层不是潜山二台阶，而是

沙三段砾岩层（兴3井）。(3) 凤河营—侯尚村潜山的奥陶系（京101井、侯6井）及凤河营的寒武系府君山组（桐17井）见到油斑石灰岩或白云岩。但所有潜山井都未获突破。特别是凤河营潜山的桐11井，原设计潜山面实为沙四段火成岩，奥陶系顶面较设计深1700m，使当时呼声最高的山头钻探落空了，潜山勘探一时受挫。

2. 1978年勘探重点转入古近系、新近系

钻探潜山时，在中岔口沙三段和别古庄沙四段相继发现良好含油显示，使勘探出现了新的转机。1978年初明确提出把勘探重点转入古近系、新近系。钻机主要集中在柳泉—中岔口—别古庄地区的约200km²范围，其他地区也甩开少量探井。其间先后在三个地区形成了钻探高潮。

(1) 中岔口地区。1978年元月，京16井沙三段获日产油100m³后，立即动用4台钻机围歼，以1000~1600m井距同时向四个方向打了4口井，有3口井落空。后又以京16井为中心，按500~650m井距完钻6口井，仅3口井见油。探明是由三个小含油砂体组成的油藏。

(2) 别古庄地区。1978年2月，京11井沙四段日产油113t，油层厚68m。随后用2台钻机以600~900m井距详探，约7个月时间拿下了冀中第一个“小而肥”的古近系油田。

(3) 柳泉构造带。1978年4月，泉36井、新泉2井相继喷气后，对该带迅速地进行了整体部署，沿长轴，占高点，打短剖面。动用钻机14台，完成探井40余口。发现了柳泉（泉30井等）、王居（泉28井等）和琥珀营（泉21井）含油区块。对柳泉和王居含油区块按三角形井网选择性地甩开打了几口详探井，但多数落空。证实柳泉构造带油气分布既广泛又较复杂，既受二级构造带控制，又与岩性有关。这样，对这些含油区块的详探经历了反复勘查，一直没能控制规模较大的储量，直到1983年才陆续投入开发。

在开展上述工作的同时，在凤河营地区，追踪京参1井油层取得进展（京122井等），并发现了火成岩油藏（京126井等）。位于大兴凸起边缘完钻的兴6井，在沙三段见到油斑砂岩、砾岩，指出油气曾向凹陷北部发生过运移。另外，在牛北斜坡带钻探的泉31井等，解决了斜坡上高角度地震反射层的地层层序，揭示了古近系与基岩不整合接触关系。石炭—二叠系不是全盆分布，其尖灭线大致在河西务构造带西侧，再向西则为奥陶系、寒武系等更老地层。

该时期钻探形成廊固凹陷储量增长第一个高峰。

3. 1979年1—9月潜山告捷

据实钻资料及对地震剖面的不断认识，预测河西务构造带上的潜山圈闭，可能富集从凹陷中心且沿古近系与基岩不整合面侧向运移而来的油气。据此在刘其营、永清潜山部署了永7井和京30井。1979年元月，京30井奥陶系日产原油142.8t，揭开了潜山勘探序幕。同年5月，永7井奥陶系日产气 $18 \times 10^4 \text{m}^3$ 、凝析油20m³，进一步扩大了潜山勘探成果。

但京30井出油后，按三角形井网1.5km井距，一次部署20口井。用7台钻机5个月时间钻完了10口。除永11井在孔店组获油外，奥陶系仍以京30井一口井出油而结束钻探。刘其营潜山油藏详探比较谨慎，用2台钻机逐步扩大，完成探井、详探井6口，成功率67%，详探时间持续到1981年初。

该时期获得的其他成果还有，在河西务构造带西翼（安22井）和中北部（安25井、安56井）的沙三段和沙四段获工业油流，在柳泉构造带的琥珀营构造（泉63井）等又增加了一批新的工业油气井。同时，还初步明确固安以西沙三段生油条件较差等。这一时期由

于动用当年近三分之一钻机围歼京 30 井油藏，致使减少了其他地区的钻探工作量。

4. 1979 年 10 月—1981 年 5 月整体解剖河西务构造带

由于河西务构造带南部已探明京 11 等油藏，中、北部预探又出现好的形势，1979 年秋天开始了对该带的整体解剖。首先沿长轴方向，在构造高点或断块上部署了一批探井，重点钻探沙四段，兼探潜山和沙三段。陆续动用钻机 16 台，完成探井、详探井 60 余口。在该带中、北部发现了安 11 井、廊东（安 72 井、安 58 井、安 67 井、新安 50 井等）沙四上亚段和沙三段油藏，在其南部发现了京 22 井沙四下亚段油藏、刘其营西潜山油藏（新永 9 井）等。沙四段油藏受北东向和近东西向两组断层控制，油气分布在断块高部位，但储量丰度仍以别古庄的京 11 井油藏最高。

在东储潜山上，1977 年底开钻，1980 年 3 月钻至井深 5400m，完钻的京 3 井，于 4589m 进入奥陶系，试油见少量油和气，这是廊固凹陷第一口井深超过 5000m 且见到油气的井。

该时期在桐柏镇洼槽还发现了新桐 19 井油藏。河西务构造带的整体解剖形成了廊固凹陷储量增长第二个小的高峰。

（三）第三阶段：1981 年 6 月—1987 年 5 月精查深探阶段

1981 年上半年，调出 17 台钻机去大庆喇嘛甸油田打调整井，同时为开辟二连新探区，也陆续抽出部分钻机，这样廊固凹陷钻探工作量大幅度下降。另外，通过前阶段的大规模钻探，可供预探的圈闭数量大为减少。从 1982 年到 1986 年，每年完成探井 20 口左右，进尺 60000 ~ 80000m。

1. 1981 年 6 月—1984 年扩大钻探含油气区带

围绕着柳泉、河西务及桐柏镇洼槽等含油气区带，完成的探井、详探井数约占该期总井数的 70%。在柳泉构造带南端发现了前石家务（泉 90 井）油藏，在其西翼和桐柏镇洼槽西缘也发现了一些新的含油气断块。这些油气藏规模都比较小。加上对前阶段发现的廊东、王居、刘其营西潜山等油藏的详探，形成了廊固凹陷储量增长第三个小的高峰。

为落实容东断裂潜山带的存在，继 1979 年在中岔口地区完钻安 46 井后，1982 年又钻探了安 47 井、安 48 井，完钻井深分别为 4405m 和 4000m，皆未钻达潜山。多数人认为中岔口潜山是不存在的，但该带的重力高产生原因仍未得到解决。

2. 1985—1987 年 5 月揭开深层会战采育

随着中浅层勘探程度的提高，逐渐增加了钻探深层的探井。该时期钻至 3500m 以下的探井 12 口，取得了较好的效果。在固安地区证实其 3500m 以下沙三一沙四段仍有较好的生油条件，且固 15 井获工业气流。曹家务地区完钻的曹 5 井等，揭示了 3500m 以下的地震强反射层是分布面积达 30km² 以上的一套含油气火成岩层，解决了多年来对该反射层认识之争。河西务构造带中、北部的东储、南旺潜山上完钻的京 24 井、务古 1 井均在奥陶系获少量油气，出油气深度近 5000m。显然，深层是有找油气前景的。但深层暴露的最大问题是储层条件较差，单井初产量低，油气受分布不均的缝洞控制。因此，尚难展开对深层的全面钻探。

1986 年初，靠近大兴断层的采育地区桐 28 井“歪打正着”，在设计目的层沙一段未见显示，却在沙三段砾岩获工业油流，发现了水下扇砾岩油藏。随后动用 8 台钻机展开了采育找油会战，完钻探井 10 口，详探井 3 口，生产井 3 口。结果只有桐 28 井、桐 34 井两口探井和桐 101 井一口详探井出油，说明了凹陷内砾岩油藏也是比较复杂的。沙三段有多套砾岩

层，横向分布不稳定，圈闭多属上倾尖灭型。

该时期对含油区块的滚动勘探有新的进展，像安 34 井北的务 14 井、永 11 井北的京 51 井、京 9 井北的京 57 井，以及琥珀营油田东面的曹 10 井，都获得工业油流。说明含油区块的扩大勘探还大有潜力可挖，仍将是今后相当长时期内的勘探重要方向。

从上述勘探历程中可以得出几点初步认识。

(1) 京参 1 井、河参 4 井、河参 5 井参数井的钻探，对了解凹陷地质情况提供了重要资料。京参 1 井首获油流，不仅对廊固凹陷，也对冀中拗陷的勘探起到了推动作用。

(2) 勘探初期，沿河西务构造带长轴部署务 1 井、务 3 井、务 5 井（京 1 井），无疑是正确的，较短的时间取得了对该带的突破（京 1 井喷油）。只是由于当时地震资料较差等问题，使勘探成果未能得到继续扩大。

(3) 针对中深层地震反射资料不清，决定停止钻探加强地震勘探也是得当的。数字地震资料的应用，改善了对凹陷地质构造的认识，为大规模钻探奠定了基础。

(4) 1976—1977 年潜山钻探受挫，1978 年初调整部署，把勘探重点转入古近系是正确、及时的。以较快的速度找到了一批古近系中、小型油气田，打开了廊固凹陷的勘探局面。

(5) 随着对地震反射层和地质结构的认识加深，在重点钻探古近系的同时，选择潜山预探是可取的。1979 年京 30 井奥陶系出油，终于打开了凹陷内潜山找油的新领域。

(6) 别古庄（京 11 井）、刘其营等油田详探是成功的，永清（京 30 井）、中岔口等油田的详探是失利的。失利的主要原因是油藏规模认识不清。

(7) 别古庄油田从发现到投产仅用 10 个月时间，速度较快。柳泉等含油区块从发现到投产达五年以上，不利于勘探投资的收回。

(8) 随着勘探程度提高，坚持在含油区带上滚动勘探收到了较好的效果，不失时机地预探深层，也及时展示了今后的有利钻探方向。

三、复杂断陷盆地石油勘探中几个问题的讨论

复杂断陷盆地的石油勘探，在我国已有丰富的实践和众多论述。一个有利的生油凹陷，就可以形成一个油气富集区。它往往是由几套或十几套含油层系、几种或十几种油藏类型组成含油叠合连片。油气分布不仅受二级构造带的控制，同时也聚集在深凹陷的圈闭内，形成“全盆含油”的态势。但是，由于断裂切割、岩相岩性变化等因素的影响，使凹陷不同部位油气富集程度、油水关系等变得比较复杂，给勘探带来一定的困难。下面主要结合廊固凹陷的勘探实际，对勘探中有关问题进行初步讨论。

（一）地震勘探

地震资料是钻探前期准备的主要依据，特别是在复杂断陷盆地，如果没有高精度的地震剖面，就很难有令人满意的勘探成果。前述廊固凹陷的钻探已较好地说明了这个问题。

随着勘探工作的深入，地震也要进入精查阶段，这样才能适应该类盆地大量存在的小油气藏的特点。据东辛油田资料，地震精查对于确定断层平面位置（误差不超过 100 ~ 150m）和钻遇沿断层分布的宽约 300 ~ 500m 的含油砂层，起到了重要作用。

当然，加密测网只是地震工作的一部分，对已有的地震资料还要反复处理和解释。尤其要充分应用不断增加的钻井、测井资料，做到地震—地质联合解释。同时对地震剖面反映出

的大量沉积现象，也要进行地震地层学研究，不断提高解释精度和扩大钻探范围。

近年来，胜利、中原等油田，在一些复杂断块区开展三维地震，使勘探取得新收获，应当大力推广。

（二）勘探程序

石油勘探程序，通常包括区域勘探、预探、详探、开发等阶段。在复杂断陷盆地中，这些阶段既不可省略，也要注意灵活掌握。

1. 参数井的钻探

参数井是新凹陷的第一批井，它提供了对凹陷的基本评价，其重要性已为人所共知。在选择参数井位置时，如能与构造结合起来当然更好，结合不上就不应勉强，否则将可能失去参数井的作用。比如与廊固凹陷相邻的武清凹陷，新近系厚逾 2000m。早期钻探的河参 1 井和河参 2 井，只完钻于无生油条件的东营组。为解决该凹陷长期以来悬而未决的古近系生油问题，1982 年钻探了孟参 1 井。由于较多地兼顾了构造条件，虽完钻井深 5020m，却钻遇大套红层，仍未达钻探目的。不得已在 1987 年又开钻武深 1 井。类似情况在二连盆地个别凹陷也存在，这实际上延缓了凹陷的勘探时间。

2. 见油圈闭的评价钻探

圈闭预探出油之后，按勘探程序在该区块就进入了详探或评价钻探阶段（也包括打一些预探井）。是否马上钻详探井，应据圈闭资料落实程度而定。如果资料尚少，应考虑补做地震剖面和重新进行地质评价后再上钻。详探井距的确定，需充分应用地震、地质、试油等有关资料，建立在对圈闭面积大小和对油藏类型的预测上。预测含油面积较小的油藏，可以与开发基础井网结合起来详探。综合各项资料，如果对含油面积大小的预测有明显不同，宁可步子迈得小一些。不能因要油心切而采用数台钻机、大井距、围歼式打法，这样做常常不符合复杂断陷盆地的地下情况，结果是投入太多，收效较少，廊固凹陷一些失利的勘探战例应当引以为戒。当然，小井距详探并非缩手缩脚，也不是对所有含油区块而言。因为复杂断陷盆地内各含油区块的大小、储量丰度也有很大的差别，因此应视不同凹陷或区块的具体情况，制定具体的详探方案。

3. 系统取心和系统试油

这是多年来强调的老问题，在复杂断陷盆地中尤为重要。廊固凹陷的勘探也充分说明：由于油水关系较复杂，没有足够的岩心和系统试油（包括分层试油）资料，很难对油层有正确的解释，并影响油藏开发和对地下资源的估算。在实际工作中，应坚持对不同含油区块油层的取心，同时对岩心要及时采样分析研究。探井试油，既要选好油层，也要试可疑层和差油层，不能因对最好的油层试油后，一旦获工业油流就停止了试油。另外，试油方案应尽量减少多层合试，特别是对解释结论不一致的层，诸如对干层、差油层、可疑层等进行合试，否则，常常难以搞清产层面貌。

4. 小油藏开发与勘探的衔接

如果探明一个储量较多的油藏，开发与勘探的衔接速度自然是快的。但若发现储量较少的小油藏，开发与勘探的衔接往往拖的时间较长。众所周知，资金存在着时间价值，即随着时间的推移，投入的勘探费用也在升值。换言之，开发与勘探间隔时间越长，勘探费用就越不容易收回，也就很难盈利。如前已叙述，断陷盆地的含油圈闭或断块常不是孤立的，多具成群成带的联系。各含油区块油气富集程度也有差别。因此，加速开发工作的进行，首先要对含油圈闭或断块所在的构造带或地区进行整体评价，对圈闭逐一研究，同时择优尽快预

探。在此基础上控制和预测可能发现的油气资源，为油田地面建设提供初步依据。

由于断陷盆地油气分布的复杂性，不可能一次性地搞清所有区块的含油特点。开发工作应立足于准备好一块，投产一块，做到不同区块或不同层系油藏的相互接替，保持油田较长时期的稳产，这种边勘探、边开发、边建设的做法还需要不断探索。

（三）综合勘探技术

当前用于石油勘探的新技术越来越多，诸如与地震勘探有关的三维地震、垂直地震剖面及一系列室内资料处理解释技术，与发现和评价油气层有关的钻定向斜井、数字测井、地层倾角测井、中途测试技术，以及与改造油层有关的大型压裂技术等。这些技术无疑在复杂断陷盆地勘探中都应当得到普遍应用，集中诸勘探技术之长，获取多种可用于解释和判断地下构造、地层和油层的参数，以提高勘探综合经济效益。

沿断层面向斜方向钻定向斜井，在东辛油田取得可喜的成效。断层屋脊部位发现了多套层系含油，这显然是直井钻探所办不到的。

在冀中和二连盆地的初步应用说明，地层倾角测井用以判断裂缝发育方向是有效的。像阿北火山岩油藏的阿100井，地层倾角测井得出火山岩主裂缝方向约南东110°。沿该方向水平距离300m的阿6井开井生产，阿100井钻探时发生井漏，当关井时，后者漏失也停止。说明该方向裂缝的存在且有较好的连通性。可见应用地层倾角测井，在裂缝性石灰岩、火山岩中寻找油气高产富集部位是可能的。

压裂技术已广泛应用，效果是明显的，但目前压裂深度仍然偏浅。如果廊固凹陷3500m以下的火成岩、石灰岩及砂岩产油层，压裂后也有好的效果，那么深层储量将会对该凹陷储量构成产生较大的影响。

（四）地质生产管理 and 研究工作

复杂断陷盆地油气分布深浅不一，地质生产管理中，特别注意加强疏松砂岩、砂砾岩和荧光录井工作。由于油气沿断裂向上运移聚集在浅层成岩性差的圈闭内，这些疏松含油层经钻探后多已破碎，原油在砂样中黏附在泥饼上，或附着在砾石上。有时洗砂样时还可能发现水面漂浮珠状或斑块状原油。稍不留意，就可能漏掉油层。因此，从捞、洗到描述砂样都要做过细的工作，松散的砂岩、砂砾岩也要及时地照荧光和氯仿浸泡定级。

荧光录井在深层勘探中也十分重要。随深度增加，温度升高，烃类将进入不同的热演化阶段。轻质油、凝析油和天然气在岩石中的含油产状，有时肉眼很难发现，荧光录井则可以较好地解决这个问题。比如刘其营潜山油田的发现井永7井，主要根据荧光录井显示进行中途测试，从而获工业性气流和凝析油。荧光录井要注意区分油气层和水层（含烃类）荧光显示的不同特点，为测试或完钻提供依据。

复杂断陷盆地的研究人员应相对稳定，长期坚持，使研究工作具有连续性。在着眼于凹陷、着眼于区带综合评价基础上，优选出可供钻探的圈闭，使钻探工作在不同区带或断块上交叉进行，努力提高钻探成功率。在尽快消化吸收钻探、地震、试油等新资料基础上，要不断形成新的找油思路和扩大新的勘探领域。油田投入开发后，勘探研究工作并没有结束，还要从已知含油区块出发，选择有利方向、部位向外滚动勘探，同时也要不断深化对新层系、新领域的探索，以不断增加新的储量。

廊固凹陷深层石油勘探初步探讨^①

廊固凹陷位于北京市与天津市之间，是冀中坳陷北部的一个呈北东方向展布的凹陷。它南邻牛驼镇凸起，西、北与大兴凸起相接，东为武清凹陷，面积 2800km²。该凹陷是冀中投入钻探较早，也是最先获工业油气流的地区。特别是 20 世纪 70 年代末到现在陆续发现了一批中、小型油气田，也已证实是一个具多含油气层系、多成油组合和多油藏类型的复式油气聚集区。但多年来的石油钻探工作主要集中在 3000m 左右的深度，仅少数井钻达 3500m 以下的深层。因此，本文从油气藏形成的基本地质条件出发，对凹陷的深层石油勘探问题作一初步探讨。

一、地质构造概述

廊固凹陷是在古生界—元古宇基底上发育起来的古近系单断箕状凹陷，北陡南缓，古近系累计厚度近万米。

古近纪基岩地层，自东而西依次为石炭—二叠系、奥陶系、寒武系和元古宇。三叠纪末的印支运动，特别是早侏罗世末开始的燕山运动，形成了本区块断构造的格局。进入古近纪，凹陷西北部的大兴断层强烈活动，在断陷区内沉积的孔店组不整合于古生界—元古宇不同地层之上。渐新世早期，湖水广布，沉降速率约 2mm/a，是凹陷发育的主要时期。沉积的沙四段及沙三下亚段，暗色泥岩厚逾 4000m，为生成油气奠定了物质基础。渐新世晚期，盆地南升北降，南区的沙三段、沙四段遭到一定程度剥蚀，水体收缩到大兴断层根部一带，沉积了一套滨浅湖相和河流相的沙三上亚段、沙一段、沙二段及东营组地层。古近纪末期，凹陷整体抬升，全区缺失中新统馆陶组，早新世整体下沉，普遍接受了明化镇组粗碎屑沉积。

凹陷发育过程中，断裂活动持续不断，主要有北东向、北北东向及北西（或近东西）向三组断层。上、下古生界—古近系与元古宇—古生界，以及新近系、古近系之间是三个重要的区域性不整合面；沙三段与沙四段，沙一段、沙二段与沙三段之间，则呈局部不整合接触。

现今凹陷划分为五个二级构造带（图 1）。河西务断裂潜山构造带是北低南高的正向构造单元。该带被数条北东向正断层和一组北西向断层切割，形成主要由古生界块断潜山和古近系断块组成的复合型构造带。柳泉—曹家务挤压背斜构造带形成于渐新世早期，构造轴部产生的多组对偶状张性断裂，切割沙三段和沙一段、沙二段，造成顶部陷落，沙四段构造比较完整。固安—旧州构造带，渐新世中晚期开始发育，由一系列断鼻构造构成。凤河营—侯尚村断裂潜山构造带，渐新世晚期强烈抬升，基岩最浅埋深约 1000m。牛北斜坡带，是长期发育的古水下斜坡，渐新世晚期随牛驼镇凸起上升，明化镇组不整合于古近系不同层位之上。斜坡低部位存在古近系超覆现象。

① 原载《石油勘探与开发》，第 14 卷，第 2 期，1987 年。

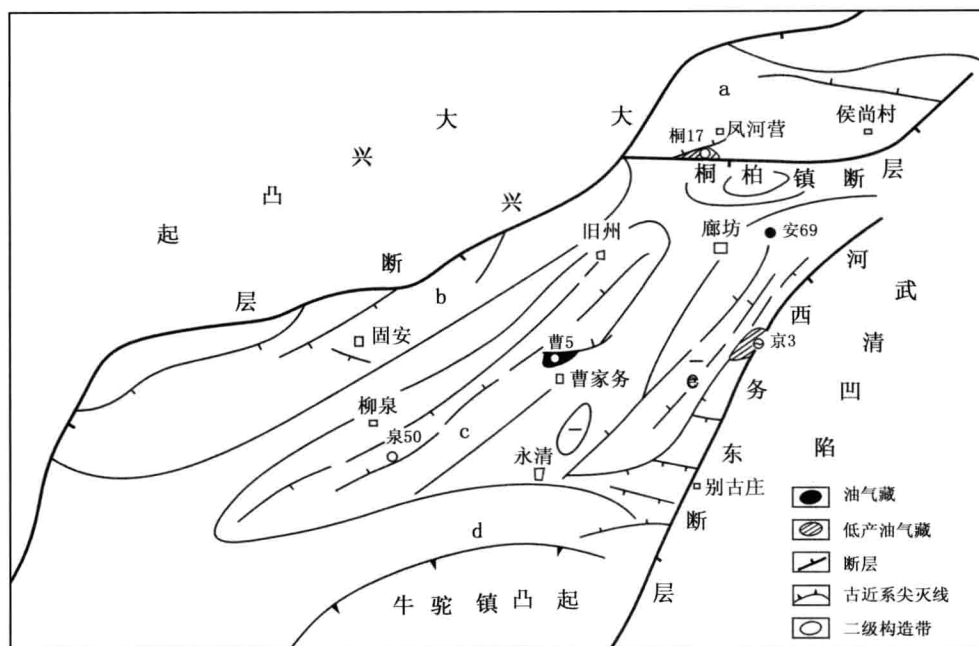


图1 廊固凹陷构造单元划分图

- a. 风河营—侯岗村断裂潜山构造带（风河营构造带）；b. 固安—旧州构造带（固安构造带）；
c. 柳泉—曹家务挤压背斜构造带（柳泉构造带）；d. 牛北斜坡带；e. 河西务断裂潜山构造带（河西务构造带）

二、深层油源

廊固凹陷深层的生油层系主要有三套：古近系沙三下亚段、沙四段—孔店组和古生界的石炭—二叠系。

古近系生油门限深度 2800m，其底界深度在柳泉构造带和河西务构造带北部约 7000m。已揭露的钻井剖面表明，3500m 以下暗色泥岩仍很发育，厚度超过 1000m。沙三下亚 II 段与沙四段的有机碳含量分别为 1.15% 和 0.97%，生油潜量 $S_1 + S_2$ 分别为 $2.1 \text{ kg}_{\text{烃}}/\text{t}_{\text{岩石}}$ 和 $1.4 \text{ kg}_{\text{烃}}/\text{t}_{\text{岩石}}$ 。干酪根沙三下亚段属混合型，沙四段—孔店组主要为腐殖型。

廊固凹陷地温梯度较低，据 74 口井统计，平均地温梯度为 $2.8^\circ\text{C}/100\text{m}$ 。在恢复古埋深的基础上，根据测得的镜质组反射率 R_o ，应用库珀曲线读出相应的温度，与实测地温非常接近，因此可以认为今古地温基本相同^①，这种较低的地温条件，势必导致古近系生油门限和“液态窗”下限都比较深。如地温梯度较高的（ $3.25^\circ\text{C}/100\text{m}$ ）河西务构造带上的京 3 井，在沙四段 4171m 测得 R_o 为 0.82%，显然处于生油阶段。

石炭—二叠系主要分布在河西务构造带和风河营—侯岗村地区，在河西务东断层下降盘埋深超过 7000m。石炭—二叠系最大厚度 677m，为一套含煤碎屑岩建造。碳质泥岩、深灰色泥岩一般厚 100~200m，煤层厚 10~61m，有机质丰度如表 1 所示。干酪根为腐殖型。京

① 华北石油勘探开发设计研究院（1983），《冀中坳陷油气的生成》。